

ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ



Л. Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ
ЕУАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Л. Н. ГУМИЛЕВА

АСТАНА, ҚАЗАҚСТАН
14 СӘУІР 2023 ЖЫЛ

АСТАНА, КАЗАХСТАН
14 АПРЕЛЯ 2023 ГОД

"ОМАРОВ ОҚУЛАРЫ: ХХІ
ҒАСЫРДЫҢ БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ
БИОТЕХНОЛОГИЯСЫ" АТТЫ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ
ФОРУМНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО
ФОРУМА "ОМАРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ:
БИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ
ХХІ ВЕКА"

УДК 57 (063)
ББК 28.0
Ж 66

Жалпы редакцияны басқарған т.ғ.д., профессор Е.Б. Сыдықов
Под редакцией д.и.н., профессора Е.Б. Сыдыкова

Редакция алқасы:
Редакционная коллегия:

Ж.К. Масалимов, А.Б. Курманбаева, А.Ж. Акбасова, С.Б. Жангазин, Н.Н. Иқсат.

«Омаров оқулары: ХХІ ғасыр биология және биотехнологиясы» халықаралық ғылыми форумының баяндамалар жинағы. – Астана: Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2023. – 298 б., қазақша, орысша, ағылшынша.

Сборник материалов международного научного форума «Омаровские чтения: Биология и биотехнология ХХІ века». – Астана. Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 2023. – 298 с., казахский, русский, английский.

ISBN 978-601-337-847-3

Жинақ «Омаров оқулары: ХХІ ғасыр биология және биотехнологиясы» атты халықаралық ғылыми форумына қатысушылардың баяндамаларымен құрастырылған. Бұл басылымда биология, биотехнология, молекулалық биология және генетиканың маңызды мәселелері қарастырылған. Жинақ ғылыми қызметкерлерге, PhD докторанттарға, магистранттарға, сәйкес мамандықтағы студенттерге арналған.

Сборник составлен по материалам, представленным участниками международного научного форума «Омаровские чтения: Биология и биотехнология ХХІ века». Издание освещает актуальные вопросы биологии, биотехнологии, молекулярной биологии и генетики. Сборник рассчитан на научных работников, PhD докторантов, магистрантов, студентов соответствующих специальностей.



УДК 57
ББК 28
О-58

©Коллектив авторов, 2023
©Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 2023

7 Будников Г.К. Экологический мониторинг суперэкоотоксикантов. –М.: Химия, 1996.-320с.

8 Бстраков Ю.И. Вопросы экологии в промышленном комплексе // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1985. -№ 4. –С. 27-35.

9 Мур Д.В. Тяжелые металлы в природных водах / Дж.В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 285с.

УДК 58.02

ӨСІМДІКТЕРДЕГІ ТОТЫҒУ СТРЕСС ДЕНГЕЙІНІҢ ӨЗГЕРУІН ТАЛДАУ

Сыздық К.К., Бектурова А.Ж, Курманбаева А.Б.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
syzykovakamilya4@gmail.com

Кіріспе. Іс жүзінде барлық экологиялық және биотикалық стресстер тотығу стрессі деп аталатын жалпыланған стресс реакциясын тудырады, бұл жасуша компоненттерін зақымдауы және олардың дисфункциясын тудыруы мүмкін. Бұл активтендірілген оттегі бар және "оттегінің белсенді формалары (ОБФ)" деп аталатын молекулалардың шамадан тыс өндірілуі мен жиналуынан туындайды[1].

Тотығу стрессін тудыратын себептерге негізінен мыналар жатады:

"қалыпты" жасуша физиологиясының бұзылуына байланысты ОБФ генерациясы мен детоксикация арасындағы теңгерімсіздік; ОБФ de novo биосинтезі қорғаныс пен бейімделу үшін қажетті стресс сигналдары мен иммундық жауаптың құрамдас бөлігі ретінде. Бұл механизмдер қатар өмір сүреді, өйткені ОБФ (өтпелі металдар, ультракүлгін немесе озон) түзетін стресс факторлары никотинамидадениндинуклеотид (НАДФН) оксидазалары мен пероксидазалар арқылы ОБФ өндірісін одан әрі ынталандырады [1].

O₂ туындыларының әсері планетадағы ең көне стресстердің бірі болып саналады. Өсімдіктер мұны кем дегенде 2,7 миллиард жыл бойы басқарды, яғни олар СО₂ және Н₂О-дан O₂ шығара бастағаннан бері. үнемі өсіп келе жатқан O₂ деңгейі түрлердің эволюциясын бағыттады және қазіргі өсімдіктер мен жануарлардың биохимиясын анықтады. Бір қызығы, өсімдіктер сигнал беру және басқа стресстерді қабылдау, өсуді, полярлықты және өлімді реттеу үшін тотығу стрессін (немесе кем дегенде ОБФ биосинтезін) пайдалану қабілетін дамытты, аминқышқылдары мен пуриндер сияқты гормондар мен реттеуші агенттерді қабылдау, гравитропты реакцияны және бірінші кезекте стресспен немесе тотығумен байланысты емес бірқатар басқа процестерді тудырады[2].

Бұл шолу өсімдіктердің тотығу стрессі мен ОБФ метаболизмі саласындағы классикалық және кейбір жаңа тұжырымдамаларды қорытындылайды және бағалайды. Бұл шолуда ерекше назар жеке ОБФ химиясына, ОБФ генерациясына, ОБФ делдалдық сигналдарын күшейтуге және реттеуге және бағдарламаланатын жасуша өліміне әкелетін жасушалық және мембраналық механизмдерге аударылады.

ТОТЫҒУ СТРЕССИ ТУРАЛЫ ТҮСІНІК

Тотығу стрессі-бұл дене жасушаларында белсенді оттегі түрлерінің (ОБФ) концентрациясының жоғарылауынан туындайтын процесс және организмнің қоршаған ортаның стресстік жағдайларына реакцияларының күрделі және әртүрлі метаболизмге ие негізгі құрамдас бөлігі болып табылады [3-4]. ОБФ генерациясы мен бейтараптандыру деңгейіндегі теңгерімсіздік көбінесе дененің антиоксиданттық жүйелерінің сәтсіздігінің салдары болып табылады. Көбінесе ОБФ ұсынған бос

радикалдар-жұпталмаған электрондары бар жоғары белсенді молекулалар. Оттегінен басқа, мұндай молекулалар азот пен күкірт атомдарын да құра алады [5]. Оттегінің ең көп таралған белсенді түрлері-супероксид-анион-радикал O_2^- , гидроксил радикалы OH^\cdot , пероксинитрит $ONOO^\cdot$. Белсенділігі жоғары болғандықтан, сутегі асқын тотығы H_2O_2 радикалды болмаса да, ОБФ-қа да жатады [3; 6]. Тотығу стрессі бірқатар жағымсыз әсерлерге әкеледі, олардың ішінде жасуша құрылымдарының өзгеруі, цитозолдық және митохондриялық ферменттердің белсенділігінің бұзылуы, антиоксидантты қорғаныс жүйелерінің сарқылуы, метаболиттердің құрамының өзгеруі және басқа да өзгерістер жиі кездеседі. Мұндай ОБФ деструктивті әсерінің салдарына жасуша мембраналарының липидтері мен фосфолипидтерінің асқын тотығуы, ақуыздардың тотығу зақымдануы (мысалы, тирозин, цистеин және серин қалдықтары бойынша), ферменттердің Fe-орталықтары, пептидтік тізбектердің фрагментациясы (ақуыздардың протеазалардың әсеріне сезімталдығын арттырады), жасушалық және митохондриялық ДНҚ зақымдануы, глутатион тотығуының жасушасының антиоксиданттық белсенділігінің төмендеуі жатады және $NAAD(P)H_2$. ОБФ нуклеин қышқылдарымен әрекеттесіп, азотты негіздерді, дезоксирибозаларды және рибозаларды зақымдауы мүмкін. Азотты негіздердің модификациясы ДНҚ тізбектері арасындағы сутектік байланыстардың үзілуіне және хромосомалардың зақымдалуына әкеледі [6]. Осылайша, жасушадағы ОБФ деңгейінің негізгі реттегіші оттегінің мөлшері болып табылады. Оттегі радикалдарының мембраналық липидтердің құрамына кіретін қанықпаған май қышқылдарымен әрекеттесуі кезінде липидтердің асқын тотығу процесі басталады. Бұл жағдайда оттегі радикалы май қышқылы молекуласынан сутегі атомын алады, содан кейін жаңа пероксид радикалы пайда болады. Май қышқылының радикалы басқа органикалық қышқылмен әрекеттесіп, екі жаңа радикалға ыдырай алады, олардың әрқайсысы радикалды тотығудың жаңа тізбегін тудырады. Яғни, тотығу зақымдануының күшеюі жүреді, реакция тізбекті сипатқа ие және жасуша липидтерінің едәуір мөлшеріне әсер етуі мүмкін [3; 7]. Жасушадағы негізгі ОБФ генераторларының бірі-сутегі асқын тотығының метаболизмімен байланысты бірқатар ферменттері бар пероксисомалар. Сутегі асқын тотығын жасуша негізінен ықтимал қауіпті агенттерді залалсыздандыру үшін пайдаланады және барлығы дерлік сол органеллаларда жойылады. Жасушадағы супероксид аниондарының көзі тегіс эндоплазмалық ретикулум болып табылады, онда берілген радикалды шығаратын бірқатар цитохромға тәуелді оксигеназалар локализацияланған. Жасушалардағы оттегінің белсенді түрлерінің негізгі көзі-митохондриялар мен пластидтердің тыныс алу тізбектері. Бұл тыныс алу тізбегінде ферменттік кешендерден электрондардың "ағуы" болатындығына байланысты, соның арқасында кіретін оттегінің шамамен бір бөлігі белсенді түрге ауысады, ал ОБФ бөлігі макромолекулалардың тотығу модификациясына кетеді [8].

ӨСІМДІКТЕРДІҢ ТОТЫҒУ СТРЕССІН ТУДЫРАТЫН ФАКТОРЛАР

Стресс факторларының әртүрлі классификациялары белгілі. Оларды физикалық (жоғары және төмен температура, ылғалдылық, радиация, механикалық әсерлер) химиялық (тұздар, ауыр металдар, пестицидтер) және биологиялық (қоздырғыштар: вирустар, саңырауқұлақтар, бактериялар) деп бөлуге болады. Өсімдіктер үшін жиі кездесетін стресс факторы-топырақтағы ауыр металдардың артық болуы. Ауыр металдардың болуы өсімдіктердің өсуі мен дамуының бұзылуын тудырады, жасушалардағы липидті мембраналардың, ақуыздардың және нуклеин қышқылдарының зақымдалуына ықпал етеді, нәтижесінде ОБФ түзілуінің жоғарылауына әкеледі және тотығу стрессіне әкеледі. Мұндай өзгерістер өсімдік ағзасындағы қорғаныс жүйелерінің белсенділігінің артуына әкеледі [10]. Өсімдіктердің ауыр металдардың әсеріне реакциясы ерекше емес. Металдар өсімдік

тіндеріне минералды қоректенуге қажетті иондармен бірге сіңіру тамыр жүйесі арқылы енеді [9]. Ауыр металдардың ластануы өте қауіпті, өйткені олар аз ластанған жағдайда да өсімдіктерде қалыптыдан көп жиналады. Мұндай ластануға реакция-жапырақтардың бұралуы, тамырлардың дамымауы, тамырлар мен жапырақшалардың қызаруы; фотосинтез процестері тежеледі (антоцианин мен басқа пигменттердің түзілуі тежеледі), Транспирация, CO₂ фиксациясы; мембраналардың өткізгіштігі өзгереді. Өсімдіктегі металл иондарының жинақталуы арасындағы байланыс жасушалардағы ОБФ мөлшерінің жоғарылауымен дәлелденген байланысқа ие [9]. Тотығу стрессін тудыратын жиі кездесетін жағдай-топырақтың тұздануы. Топырақтың тұздануына байланысты тотығу стрессінің тән көрінісі жапырақ сығындыларының тотықсыздану белсенділігін жоғарылату болып табылады. Бұл фактордың әсерін зерттеушілер ең көп зерттеді [11;7]. Топырақтағы аниондардың құрамы бойынша тұзданудың келесі түрлері бөлінеді: хлорид, сульфат, хлорид-сульфат және карбонат. Натрий карбонатының артық болуынан туындаған тұздану өсімдіктер үшін ең қауіпті деп саналады, өйткені топырақта су болған кезде бұл тұз жартылай гидролизденіп, сәл сілтілі орта түзеді, бұл өсімдіктер үшін қосымша стресс факторы болып табылады [12-13]. Өсімдіктерге аязды температураның әсерін зерттеу кезінде ОБФ түзілуінің жоғарылауының қосымша себебі жасушадан тыс мұздың пайда болуына байланысты дегидратацияға байланысты биомакромолекулалар мен мембраналық кешендер функцияларының бұзылуы болуы мүмкін екендігі атап өтілді [14].

ӨСІМДІКТЕРДІ ТОТЫҒУ СТРЕССИНЕН ҚОРҒАУ МЕХАНИЗМДЕРІ

Антиоксиданттық қорғаныстың төмендеуі тотығу стрессінің дамуының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады [15]. Антиоксидантты қорғауды қамтамасыз етуге ферменттер мен антиоксиданттар [16] қатысады, олар жаңа ОБФ түзілуіне жол бермейді және жасуша мембраналарының, нуклеин қышқылдарының және басқа биологиялық құрылымдардың ОБФ тотығу зақымдануын болдырмайды. Айқын антиоксиданттық белсенділігі бар заттарға супероксид дисмутаза, глутатион пероксидаза, каталаза және т. б. сияқты ферменттер жатады; микроэлементтер (С, А, Е дәрумендері, В дәрумендері, каротиноидтар, селен, мырыш және т. б.); тағамның кіші биологиялық белсенді компоненттерінің кең спектрі (полифенолды қосылыстар, соның ішінде флавонолдар және олардың гликозидтері, проантоцианидиндер, катехиндер) және т.б. жаңа ОБФ түзілуіне убихинон, таурин, металлотионеин, трансферрин, церулоплазмин, ферритин деген ферментті емес заттар кедергі келтіреді.

ФЕРМЕНТТІ:

Супероксид дисмутаза (СОД) - митохондриялар мен хлоропластта супероксид радикалдарын O₂ және H₂O₂-ге айналдыру арқылы тотығу стрессіне қарсы әрекет ететін металл кофакторы бар мультигендік отбасы және негізгі қорғаныс металлопротеині [17]. СОД белсенді орталықпен байланысатын металл иондарының кофакторына байланысты Fe-SOD, Cu/Zn-SOD, Ni-SOD және Mn-SOD изоферменттері ретінде жіктеледі [18]. Жақында екі тәуелсіз жұмыс Cu/Zn-SOD сияқты SOD изомерлері бар трансгенді *Puccinellia tenuiflora* өсімдіктері мен темекінің жабайы типтегі *Puccinellia tenuiflora* өсімдіктеріне және темекіге қарағанда құрғақшылық пен тұз стрессіне сезімтал екенін көрсетті [18-19]. Өсімдіктердегі Cu/Zn-SOD изомерінің шамадан тыс экспрессиясы абиотикалық стресстен туындаған тотығу зақымдануын азайтуда шешуші рөл атқаруы мүмкін. Тағы бір зерттеуде қиярдағы (*Cucumis sativus* L.) [20] суық стрессіне Cu/ Zn-SOD және Mn-SOD белсенділігі жоғарылағаны хабарланды. Жалпы, СОД қоршаған ортаның әртүрлі жағдайларынан туындаған тотығу стрессі кезінде сутегі асқын тотығын сіңіргіш ретінде әрекет етеді.

Каталаза (САТ) - атомдық массасы шамамен 250 кДа болатын гем бар фермент [21]. Катализ негізінен хлоропласттарда, пероксисомаларда, митохондрияларда және

цитоплазмада анықталды. САТ-тың негізгі қызметі зиянды жасушаішілік сутегі асқын тотығын жасуша энергиясын пайдаланбай су мен оттегіге айналдыру арқылы өсімдіктердің асқын тотығының алдын алу болып табылады. Каталаза мультигендер тұқымдасына жатады және бірнеше изоформалары бар, мысалы, САТ1, САТ2 және САТ3 [22]. САТ ферментінен айырылған өсімдіктер жабайы өсімдіктермен салыстырғанда тұздылыққа және озон стрессіне сезімтал болды [23].

АО құрамында FAD, Fe-S және молибден кофакторы (МоСо) [24]. АО индол-3-ацетальдегид (IAAld) және абсцизді альдегид (ABAld) сияқты альдегидтердің кең спектрін индол сірке қышқылына (IAA) және абсцизді қышқылға (ABA) дейін тотықтырады [24-25]. Ақ өсімдіктердің абиотикалық стресс факторларына бейімделу механизмдерінде маңызды рөл атқаратыны белгілі [25]. Қара шөптермен жүргізілген ертерек зерттеу өсімдіктерді қолданылатын стресстік жағдайларға бейімдеу арқылы тұздану және аммониймен өңдеу кезінде ақ белсенділігінің жоғарылауы арасындағы ықтимал байланысты ұсынды. Жақында бидай шөптерін зерттеу сонымен қатар тұздылықтың жоғары стрессінде АО белсенділігінің жоғарылағанын көрсетті, бұл төзімділіктің жоғарылауына әкелді және тотығу зақымдануын тежеді [25]. Сонымен қатар, ақ сутегі асқын тотығының (H_2O_2) түзілуіне ғана қатыспайтыны хабарланды, бірақ ол $NadH -$ ді субстрат ретінде қолдана отырып, супероксидті анион ($O_2^{\cdot-}$) шығара алады.

ФЕРМЕНТТІ ЕМЕС:

Каротиноидтар- полиен көмірсутектері, изопрен туындылары, құрамында қос байланыстар бар және өсімдіктердің хлоропластары мен хромопластарында локализацияланған. Олар каротиндерге (α - және β - каротиндер) және ксантофиллдерге (лютеин, зеаксантин, виолоксантин, антероксантин) бөлінеді. Ацетил-КоА-дан синтезделеді, Жарық жинайтын кешендердің құрамына кіреді және олар сіңірген энергияны хлорофиллдерге береді, O_2 сіңіруге және жылу түрінде артық энергияны таратуға қатысады. Жарықтың жоғары қарқындылығымен олар фотосинтетикалық аппаратты (FSA) фотоингибирлеуден қорғайды. Төмен температура жағдайында арабидопсис жапырақтарында каротиноидтар деңгейінің жоғарылауы байқалады, арпа, бидай және қияр [26].

Аскорбин қышқылы (АҚ) – бұл жасушаның барлық дерлік бөліктерінде кездесетін полифункционалды қосылыс, бірақ негізгі бассейн хлоропластарда кездеседі. Жасушаларда ол тотықсызданған, тотыққан түрінде және тұрақсыз монодегидроаскорбат түрінде болады. АҚ жасушаның тотығу-тотықсыздану потенциалын сақтауға, токоферол мен глутатионды қалпына келтіруге қатысады. Аскорбат-глутатион цикліне қатысады, сонымен қатар ОБФ-ты тікелей жояды. Жасушаның бөлінуін реттейді, фотосинтез, тыныс алу, өсу және су алмасу процестеріне қатысады. АҚ сигналдық молекула ретінде қарастырылады, өйткені ол жасуша цитоплазмасындағы Ca_2^+ деңгейін реттей алады [27-28].

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Rao M. V., Paliyath G., Ormrod D. P. Ultraviolet-B-and ozone-induced biochemical changes in antioxidant enzymes of Arabidopsis thaliana //Plant physiology. – 1996. – Т. 110. – №. 1. – С. 125-136.
2. Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction //Annu. Rev. Plant Biol. – 2004. – Т. 55. – С. 373-399.
3. Demidchik V. Mechanisms of oxidative stress in plants: from classical chemistry to cell biology //Environmental and experimental botany. – 2015. – Т. 109. – С. 212-228.
4. Noctor G., Lelarge-Trouverie C., Mhamdi A. The metabolomics of oxidative stress //Phytochemistry. – 2015. – Т. 112. – С. 33-53.

5. Calabrese V. et al. Analytical approaches to the diagnosis and treatment of aging and aging-related disease: redox status and proteomics //Free Radical Research. – 2015. – Т. 49. – №. 5. – С. 511-524.
6. Mazid M. et al. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants //Biology and medicine. – 2011. – Т. 3. – №. 2. – С. 232-249.
7. Yang Y., Guo Y. Unraveling salt stress signaling in plants //Journal of integrative plant biology. – 2018. – Т. 60. – №. 9. – С. 796-804.
8. Pozhilova E. V., Novikov V. E., Levchenkova O. S. Aktivnye formy kisloroda v fiziologii i patologii kletki //Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii. – 2015. – Т. 14. – №. 2. – С. 13-22.
9. Enikeev A.R. Usmanov I.Ju., Rahmankulova Z.F. Protekturnaya i reguljatornaya rol askorbinovoj kisloty pri dejstvii tyazhelykh metallov na rasteniya pshenicy [Protective and regulatory role of ascorbic acid in the action of heavy metals on wheat plants]. Vestnik Bashkirskogo universiteta [Bulletin of the Bashkir University], 2013, no. 1, pp. 63-66.
10. Fryzova R., Pohanka M., Martinkova P. [et al.]. Oxidative stress and heavy metals in plants. Reviews of environmental. Contamination and Toxicology, 2018, no. 245, pp. 129-156. DOI: https://doi.org/10.1007/398_2017_7.
11. Eremchenko O.Z., Chetina O.A., Shestakov I.E. [et al.] Povyshenie redoks-aktivnosti rastenij kak test-reakciya na zagryaznenie pochv [Increased plant redox activity as a test response to soil pollution]. Vestnik tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Tambov University Bulletin. Series: Natural and technical sciences], 2014, no. 5, pp. 1285-1288.
12. Abilova G. A. Vliyanie salicilovoj kisloty na formirovanie okislitel'nogo stressa, indutsirovannogo CdSO₄ v prorstkakh pshenicy sorta «Krasnodarskaya 99»[The effect of salicylic acid on the formation of oxidative stress induced by CdSO₄ in wheat seedlings of the Krasnodarskaya 99 variety] //Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya [Proceedings of universities. Applied chemistry and biotechnology]. – 2018. – Т. 10. – №. 3. – С. 55-60.
13. Liang W. et al. Plant salt-tolerance mechanism: A review //Biochemical and biophysical research communications. – 2018. – Т. 495. – №. 1. – С. 286-291.
14. Chen Y. et al. Cold acclimation induces freezing tolerance via antioxidative enzymes, proline metabolism and gene expression changes in two chrysanthemum species //Molecular biology reports. – 2014. – Т. 41. – С. 815-822.
15. Аметов А.С. Сахарный диабет 2 типа. Проблемы и решения. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЕОТАР-Медиа, 2013. — 1032 с.
16. Балаболкин М.И., Клебанова Е.М., Креминская В.М. Лечение сахарного диабета и его осложнений: Учеб. пособие. — М.: Медицина, 2005. — 512 с.
17. Davies K. J. A. Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems //IUBMB life. – 2000. – Т. 50. – №. 4-5. – С. 279-289.
18. Wu J. et al. Identification and characterization of a PutCu/Zn-SOD gene from *Puccinellia tenuiflora* (Turcz.) Scribn. et Merr //Plant Growth Regulation. – 2016. – Т. 79. – С. 55-64.
19. Negi N. P. et al. Overexpression of CuZnSOD from *Arachis hypogaea* alleviates salinity and drought stress in tobacco //Plant Cell Reports. – 2015. – Т. 34. – С. 1109-1126.
20. Lee D. H., Lee C. B. Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays //Plant science. – 2000. – Т. 159. – №. 1. – С. 75-85.
21. Mhamdi A., Noctor G., Baker A. Plant catalases: peroxisomal redox guardians //Archives of Biochemistry and Biophysics. – 2012. – Т. 525. – №. 2. – С. 181-194.

22. Sharma I., Ahmad P. Catalase: a versatile antioxidant in plants //Oxidative damage to plants. – Academic Press, 2014. – С. 131-148.
23. Abid M. et al. Physiological and biochemical changes during drought and recovery periods at tillering and jointing stages in wheat (*Triticum aestivum* L.) //Scientific reports. – 2018. – Т. 8. – №. 1. – С. 4615.
24. Koshiha T. et al. Purification and properties of flavin-and molybdenum-containing aldehyde oxidase from coleoptiles of maize //Plant Physiology. – 1996. – Т. 110. – №. 3. – С. 781-789.
25. Omarov R. T. et al. Aldehyde oxidase in roots, leaves and seeds of barley (*Hordeum vulgare* L.) //Journal of Experimental Botany. – 1999. – Т. 50. – №. 330. – С. 63-69.
26. Кузнецов, Вл.В. Физиология растений в 2 т. Т. 1: учебник для академического бакалавриата / Вл.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016а. – 437 с.
27. Khan T. A., Mazid M., Mohammad F. Role of ascorbic acid against pathogenesis in plants //Journal of Stress Physiology & Biochemistry. – 2011. – Т. 7. – №. 3. – С. 222-234.
28. Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review //Annals of botany. – 2003. – Т. 91. – №. 2. – С. 179-194.

УДК 57.571.27

БУДУЩИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ В МЕДИЦИНЕ

Галымбек Мадина Галымбекқызы, Турпанова Рауза Масгутовна
Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана,
Казахстан
madina_gk@mail.ru

Бактерии являются богатым источником соединений, которые используются в медицине, и текущие исследования изучают новые способы использования их свойств в терапевтических целях. Одними из главных преимуществ бактериальных соединений является доступность и дешевизна производства, благодаря быстрой скорости роста бактерий и за счет легко получаемого сырья для их выращивания. Используя классические методы биотехнологии бактерии могут быть генетически модифицированы для производства определенных соединений, которые могут упростить производственный процесс и повысить урожайность.

Экзополисахариды бактериального происхождения привлекали больше внимания из-за своей структурной сложности, биоразлагаемости, биосовместимости и биологической активности. Они представляют собой длинноцепочечные высокомолекулярные природные полимеры, состоящие из сахарных единиц, главным образом глюкозы, галактозы и рамнозы, маннозы, фруктозы, арабинозы и ксилозы в различных соотношениях, или некоторых производных сахара, таких как N-ацетилгалактозамин и N-ацетилглюкозамин [1].

Мировой рынок бактериальной целлюлозы, которая является одним из самых изученных экзополисахаридов, по оценкам, достигнет 680 миллионов долларов США к концу 2025 года [2]. Бактериальная целлюлоза уже широко применяется в медицине